

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 10-011105  
 (43) Date of publication of application : 16.01.1998

(51) Int. Cl. G05B 13/02  
 F02D 41/14  
 F02D 41/14  
 F02D 41/34  
 F02D 45/00  
 F02D 45/00  
 G05B 13/04

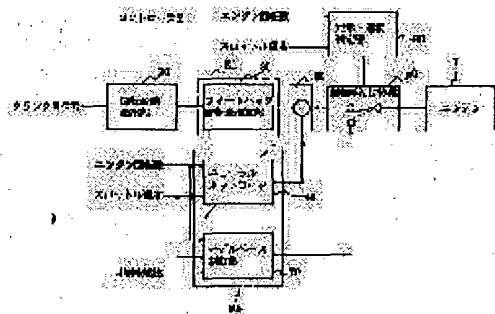
(21) Application number : 08-159333 (71) Applicant : YAMAHA MOTOR CO LTD  
 (22) Date of filing : 20.06.1996 (72) Inventor : YAMAGUCHI MASASHI

## (54) STATE CONTROL SYSTEM

### (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To learn a state at all times and enable control, and to improve the control response by controlling the state index of a controlled body to larger than a previously set permissible quantity, and adding the manipulated variable of a 2nd control part having a learning function to the manipulated variable of the 1st control part and obtaining a final manipulated variable.

**SOLUTION:** For air fuel ratio control by EFI, a feedback injection quantity arithmetic part 30 detects the combustion state of an engine from rotating speed information on a crank shaft to calculate the state index of the controlled body and performs control so that the state index is larger than the previously set permissible quantity. Further, an injection quantity by feedback control from a total injection quantity arithmetic part 80 is used as tutor data and a neural network 40 is made to always learn online in the operation of the engine 1 according to the engine rotating speed and a throttle opening extent. Then the air fuel ratio of the engine 1 is controlled according to the addition value of the injection quantity by the feedback control of rotating speed variation information and the injection quantity of the neural network 40.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision]

of rejection]

[Kind of final disposal of application  
other than the examiner's decision of  
rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998, 2003 Japan Patent Office

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-11105

(43)公開日 平成10年(1998)1月16日

(51)Int.CL <sup>6</sup>	識別記号	片内整理番号	FI	技術表示箇所
G 0 5 B 13/02			G 0 5 B 13/02	L
F 0 2 D 41/14	3 1 0		F 0 2 D 41/14	3 1 0 H
				3 1 0 L
	3 3 0			3 3 0 A
41/34		9523-3G	41/34	W
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)				最終頁に続く

(21)出願番号 特願平8-159333

(22)出願日 平成8年(1996)6月20日

(71)出席人 000010076

ヤマハ発動機株式会社

静岡県磐田市新貝2500番地

(72) 宛明者 山口 昌志

静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機  
株式会社内

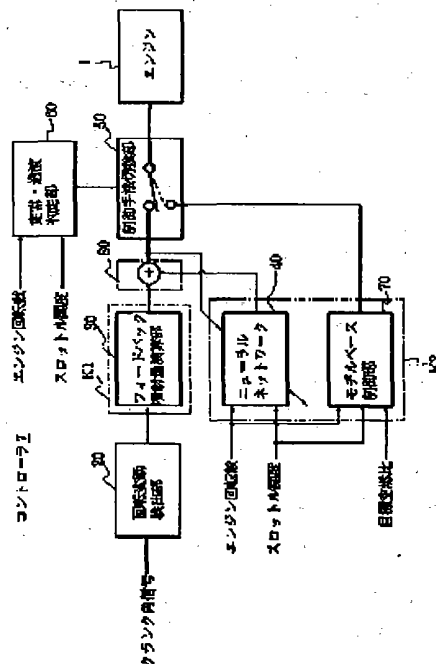
(74) 代理人 弁理士 鶴若 俊雄

(54)【発明の名称】 状態制御方式

## (57)【要約】

【課題】安価な構造で常に状態を学習して制御可能であり、しかも制御応答性が向上する。

【解決手段】状態制御方式は、制御対象物から出力される1つもしくは複数の情報から、制御対象物の状態指数を演算し、この状態指数が予め設定された許容量となるような制御を行なう第1の制御部K1を有し、この第1の制御部K1の操作量に学習機能を有する第2の制御部K2の操作量を加えた値を最終的操作量として制御を行なう。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】制御対象物から出力される1つもしくは複数の情報から、制御対象物の状態指数を演算し、この状態指数が予め設定された許容量となるような制御を行なう第1の制御部を有し、この第1の制御部の操作量に学習機能を有する第2の制御部の操作量を加えた値を最終的操作量として制御を行なうことを特徴とする状態制御方式。

【請求項2】第1の制御部は、フィードバック制御を行うことを特徴とする請求項1記載の状態制御方式。

【請求項3】第2の制御部は、学習機能をニューラルネットワークにより実現することを特徴とする請求項1記載の状態制御方式。

【請求項4】前記第2の制御部の一部として、前記制御対象物の動的挙動に基づいた逆モデルを持ち、この逆モデルを用いて制御を行うことを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の状態制御方式。

【請求項5】前記制御対象物がエンジンであり、制御対象物の状態が運転状態であることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の状態制御方式。

【請求項6】クランク軸の回転変動情報からエンジンの燃焼状態を検出し、この回転変動情報をフィードバック信号として空燃比のフィードバック制御を行なうとともに、このフィードバック制御による噴射量を教師データとしてニューラルネットワークをオンライン学習させ、前記フィードバック制御による噴射量と前記ニューラルネットワークによる噴射量との加算値により空燃比制御を行なうことを特徴とする請求項5記載の状態制御方式。

【請求項7】エンジンが過渡状態にありフィードバック制御が行なえない場合、もしくは理論空燃比制御のように目標空燃比に対する正確な空燃比制御が要求される場合は、エンジンの動的挙動に基づいた逆モデルを用いてエンジンが要求する燃料量となるための噴射量を求め、この値により空燃比制御を行うことを特徴とする請求項6記載の状態制御方式。

【請求項8】シリンダへ入るべき燃料を噴射するインジェクタを、吸気通路に配置したことを特徴とする請求項6または請求項7記載の状態制御方式。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の居する技術分野】この発明は、状態制御方式に関し、例えば車両や船舶に搭載されるエンジン、工作機械のロボット、電気車両のモータ等の状態制御方式に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】このように車両や船舶に搭載されるエンジン、工作機械のロボット、電気車両のモータ等では、状態制御が行われる。例えば、車両や船舶に搭載されるエンジンでは、EFIで空燃比制御を行うものがある

が、 $O_2$ センサを用いたフィードバック制御が一般的であり、これにより空燃比を理論空燃比に制御することが可能である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところが、この方式では理論空燃比以外の空燃比には制御することができないため、そのような場合には、リニア空燃比センサを用いたフィードバック制御を行うことになる。しかるに、リニア空燃比センサは高価であるばかりでなく、リッチ環境化では劣化が激しく使用できないという問題点がある。

【0004】さらに、一般的にフィードバック制御は応答性が悪く過渡時の空燃比の制御が困難であるため、排ガス及び燃費を考慮して定常時の空燃比をリーン化しようすると、過渡時の空燃比が必要以上にリーン化する結果となり加速性能悪化等の運転性能を損なってしまうという問題点がある。

【0005】この発明は、かかる点に鑑みてなされたもので、安価な構造で常に状態を学習して制御可能であり、しかも制御応答性が向上する状態制御方式を提供することを目的としている。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決し、かつ目的を達成するために、請求項1記載の発明の状態制御方式は、制御対象物から出力される1つもしくは複数の情報から、制御対象物の状態指数を演算し、この状態指数が予め設定された許容量となるような制御を行なう第1の制御部を有し、この第1の制御部の操作量に学習機能を有する第2の制御部の操作量を加えた値を最終的操作量として制御を行なうことを特徴としている。制御対象物の状態指数が予め設定された許容量となるような制御を行ない、この第1の制御部の操作量に学習機能を有する第2の制御部の操作量を加えた値を最終的操作量として制御を行なうことで、常に状態を学習して制御可能であり、しかも制御応答性が向上する状態制御が可能である。

【0007】請求項2記載の発明の状態制御方式は、第1の制御部が、フィードバック制御を行うことを特徴としている。フィードバック制御により状態指数が予め設定された許容量となるように簡単かつ確実な制御を行う。

【0008】請求項3記載の発明の状態制御方式は、第2の制御部が、学習機能をニューラルネットワークにより実現することを特徴としている。ニューラルネットワークによる学習を行い、常に適切な状態制御を行う。

【0009】請求項4記載の発明の状態制御方式は、前記第2の制御部の一部として、前記制御対象物の動的挙動に基づいた逆モデルを持ち、この逆モデルを用いて制御を行うことを特徴としている。過渡状態等には、逆モデルを用いて適切な状態制御を行う。

【0010】請求項5記載の発明の状態制御方式は、前記制御対象物がエンジンであり、制御対象物の状態が運転状態であることを特徴としている。制御対象物がエンジンであり、エンジンの運転状態の制御を行う。

【0011】請求項6記載の発明の状態制御方式は、クランク軸の回転変動情報からエンジンの燃焼状態を検出し、この回転変動情報をフィードバック信号として空燃比のフィードバック制御を行なうとともに、このフィードバック制御による噴射量を教師データとしてニューラルネットワークをオンライン学習させ、前記フィードバック制御による噴射量と前記ニューラルネットワークによる噴射量との加算値により空燃比制御を行なうことを特徴としている。リニア空燃比センサを用いることなく、クランク軸の回転変動情報からエンジンが要求する任意の空燃比に制御でき、さらにフィードバック制御を用いて空燃比をリニア化しようとした場合においても運転性能を損なうことなく制御する。

【0012】請求項7記載の発明の状態制御方式は、エンジンが過渡状態にありフィードバック制御が行な得ない場合、もしくは理論空燃比制御のように目標空燃比に対する正確な空燃比制御が要求される場合は、エンジンの動的挙動に基づいた逆モデルを用いてエンジンが要求する燃料量となるための噴射量を求めて、この値により空燃比制御を行うことを特徴としている。エンジンが過渡状態にありフィードバック制御が行な得ない場合、もしくは理論空燃比制御のように目標空燃比に対する正確な空燃比制御が要求される場合は、エンジンが要求する燃料量となるための噴射量を求めて、この値により空燃比制御を行う。

【0013】請求項8記載の発明の状態制御方式は、シリンダへ入るべき燃料を噴射するインジェクタを、吸気通路に配置したことを特徴としている。インジェクタを吸気通路に配置しても所定のタイミングでシリンダへ燃料を供給することができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、この発明の状態制御方式の実施の形態を説明する。この発明の実施の形態では、状態制御方式の制御対象物が車両や船舶に搭載されるエンジンであり、制御対象物の状態が運転状態であるが、これに限定されず工作機械のロボット、電気車両のモータ等を制御対象物として同様に状態制御を行うことができる。

【0015】図1は車両や船舶に搭載されるエンジンのシステム図である。エンジン1のシリンダ2には、ピストン3が往復動可能に設けられ、このピストン3はコンロッド4を介してクランク軸5に連結され、ピストン3の往復動でクランク軸5が回転する。また、エンジン1には、クランク角センサ6が設けられ、クランク角センサ6によりクランク角信号及びエンジン回転数がコントローラ7に送られる。エンジン1のシリンダ2に形成さ

れる燃焼室8には、排気通路9と吸気通路10が連通して設けられ、吸気通路10にはエアクリーナ11から空気が吸入される。また、吸気通路10には、スロットル12が設けられている。このスロットル12により吸入空気量が制御され、このスロットル開度は、スロットル開度センサ13によりコントローラ7に送られる。また、吸気通路10のスロットル12の上流側には、インジェクタ14が設けられ、このインジェクタ14から燃料が噴射される。このインジェクタ14は、コントローラ7によりクランク角信号、エンジン回転数とスロットル開度による情報に基づき燃料を噴射する状態制御を行う。

【0016】このコントローラ7により状態制御を行うことで、インジェクタ14を吸気通路10のスロットル12の上流側に配置しても所定のタイミングでシリンダへ燃料を供給することができ、また例えばインジェクタ14をスロットル12の下流側に配置してもよい。また、例えば、インジェクタ14をスロットル12の上流に設置することで、インジェクタ14がエンジン1から離れた位置になり、燃料が熱の影響により粘りが下がることを防止され、燃料の噴射が円滑になる。また、インジェクタ14をスロットル12の上流に設置することで、スロットル12を通過する時に流速が速くなり燃料の霧化を向上させることができる。また、例えば、吸気管集合部にインジェクタを配置するSPIとすることで、インジェクタの数を削減することも可能である。

【0017】図2はコントローラによる制御ブロック図である。EFIによる空燃比制御において、エンジンが定常状態にある時は、クランク軸の回転変動を用いたフィードバック制御とニューラルネットワークによる学習制御を組み合わせた制御を行い、過渡状態にある時、もしくは理論空燃比制御の時は、逆モデルを用いたモデルベース制御を行うシステムについて説明する。

【0018】コントローラ7は、回転変動検出部20を備え、クランク角信号に基づき回転変動を検出する。フィードバック噴射量演算部30では、クランク軸の回転変動情報からエンジンの燃焼状態を検出し、制御対象物の状態指数を演算し、この状態指数が予め設定された許容量となるような制御を行なう第1の制御部K1を構成している。この回転変動情報をフィードバック信号として空燃比のフィードバック制御を行なうとともに、トータル噴射量演算部80からのフィードバック制御による噴射量を教師データとしてニューラルネットワーク40をエンジン回転数とスロットル開度に基づきエンジン1の出荷後の運転時に常にオンライン学習させ、フィードバック制御による噴射量とニューラルネットワークによる噴射量との加算値により制御手法切替部50を介してエンジン1の空燃比制御を行なう。このように、リニア空燃比センサを用いることなく、クランク軸の回転変動情報からエンジン1が要求する任意の空燃比に制御で

き、さらにフィードバック制御を用いて空燃比をリーン化しようとした場合においても運転性能を損なうことなく制御することができる。

【0019】また、ニューラルネットワーク40は、学習機能を有する第2の制御部K2を構成し、制御対象物の状態指数が予め設定された許容値となるような制御を行ない、第1の制御部K1の操作量に学習機能を有する第2の制御部K2の操作量を加えた値を最終的操作量として制御を行なうことで、常に状態を学習して制御可能であり、しかも制御応答性が向上する状態制御が可能である。

【0020】また、第1の制御部K1は、フィードバック制御を行い、フィードバック制御により状態指数が予め設定された許容値となるように簡単かつ確実な制御を行う。

【0021】また、第2の制御部K2が、学習機能をニューラルネットワーク40により実現しており、ニューラルネットワーク40による学習を行い、常に適切な状態制御を行うことができる。

【0022】制御手法切換部50は、定常・過渡判定部60で制御され、制御手法切換部50はエンジン回転数とスロットル開度に基づきフィードバック噴射量演算部側と、モデルベース制御部側に切り換える。

【0023】エンジン1が過渡状態にありフィードバック制御が行な得ない場合、もしくは理論空燃比制御のように目標空燃比に対する正確な空燃比制御が要求される場合は、モデルベース制御部側に切り換えられ、モデルベース制御部70はエンジン回転数とスロットル開度に基づき、エンジンの動的挙動に基づいた逆モデルを用いてエンジンが要求する目標空燃比の燃料量となるための噴射量を求めて、この値により空燃比制御を行う。エンジンが過渡状態にありフィードバック制御が行な得ない場合、もしくは理論空燃比制御のように目標空燃比に対する正確な空燃比制御が要求される場合は、エンジンが要求する燃料量となるための噴射量を求めて、この値により空燃比制御を行うことができる。

【0024】このように、全体的制御の流れとして定常状態では、クランク軸の回転変動を検出することによりエンジン1のトルク変動を推定し、このトルク変動の大きさが予め設定した許容値になるようにフィードバック制御を行う。これにより、排ガス・燃費と運転性能を可能な限り両立できる空燃比に制御することが可能となる。また、フィードバック制御の応答性を改善させるために、フィードバック制御が出力する噴射量をニューラルネットワークに学習させ、フィードバック制御を徐々にフィードフォワード制御に置き換える。これにより、運転状態が切り変わった場合においても、速やかに目標とする空燃比に制御できる。過渡状態では、エンジン1の逆モデルを用いたモデルベース制御を行うことで、加速性能を犠牲にすることのない空燃比に速やかに制御で

きる。これにより、定常状態に空燃比のリーン化制御を行った場合においても、過渡状態の運転性能を確保できる。また、このモデルベース制御を理論空燃比制御に適用することで、過渡時のリーン（リッチ）スパイクを防止でき、正確な空燃比制御が可能となる。

【0025】次に、図2に示すコントローラの各構成部について説明する。まず、回転変動検出部20の構成を詳細に説明する。図3は回転変動検出部のブロック図である。回転変動検出部20は、図1に示すエンジン1のクランク角センサ6（例えば、30°毎にパルスが発生する）のクランク角信号を用いて角速度検出部21によりエンジン1が膨張行程にある2点における角速度を演算する。さらに、この2点での角速度から2点間での角加速度を角加速度検出部22により演算する。得られた角加速度と、角加速度を次式の1次フィルタ23により平滑化することによって得られる値との偏差を求める。この偏差を偏差累積部24により例えば100個分累積加算した値を回転変動とする。

$$\text{【0026】} \text{Ave}(n) = \alpha \cdot \text{Ave}(n-1) + (1-\alpha) \cdot \text{Acc}(n)$$

Ave：平均角加速度

Acc：角加速度

次に、フィードバック噴射量演算部30の構成を詳細に説明する。図4はフィードバック噴射量演算部のブロック図である。エンジン回転数とスロットル開度をパラメータとして変動許容値演算部31により予めメモリに記録された回転変動の許容値と、回転変動検出部20より得られた回転変動の許容値を比較部32により比較する。なお、エンジン回転数とスロットル開度をパラメータとしたマップにより回転変動の許容値を求めるようにしてもよい。

【0027】この比較に基づき噴射量演算部33がフィードバックによる噴射量を出力する。回転変動が許容値より大きい場合には、リーン化しすぎたと判断して、メモリに保存されたフィードバックの噴射量にある微少量だけ多くする。逆に回転変動が許容値より小さい場合は、まだリーン化できると判断して、ある微少量だけ噴射量を少なくする。

【0028】次に、ニューラルネットワーク40の構成を詳細に説明する。図5はニューラルネットワークの構成図である。ニューラルネットワーク（神経回路網）40は、周知のように、高度並列分散処理型の情報処理を行なうものであり、外部環境の理解等に応用したものが知られている。また、代表的なニューラルネットワーク40としてパーセプトロン（Perceptron）型ネットワーク、ホップフィールド（Hopfield）のネットワーク及びボルツマン機械（Boltzmann Machine）等があり、このうち、三層型パーセプトロンを用いたものでは、最適解への収束が保証されるものであり、入力層41、中間層42及び出力層4

3からなる。

【0029】また、入力層41内のユニット41a、41b、41cの結合はなく、同様に中間層42内のユニット42a、42b、42c、42dの結合はなく、層間においてのみ各ユニット間が結合の重みwをもって結合されている。入力層41内のユニット41cは、バイアスニューロンを示し、中間層42内のユニット42dもバイアスニューロンを示し、中間層42内のユニットは、入力層41の層のユニット41a、41b、41cからの重み付き入力を受けてその総和（内部状態値）を

$$y = f(\sum x_i \cdot w_i + \theta)$$

により計算し、それに適当な出力関数  $f(x) = 1 / (1 + e^{-x})$  をかけたものを出力する。

【0030】ただし、 $x_i$ は入力、 $w_i$ は重み、 $\theta$ はバイアス量を示し、出力関数  $f(x)$  はシグモイド関数を示している。

【0031】このように、エンジン回転数とスロットル開度をニューラルネットワーク40の入力層41に入力し、中間層42で入力に対して重み付け処理し、出力層43でも同様に入力に対して重み付け処理して噴射量を出力する。ニューラルネットワーク40の学習データは、定常状態から過渡状態に移行した直後に取り込むようにする。入力データは、前回（定常状態の最後）入力されたデータとし、この入力データに対応する教師データは現在フィードバック噴射量演算部30に保存されている噴射量と、前回ニューラルネットワーク40が出力していた噴射量を加算した値とする。この時（定常状態から過渡状態に移行した直後）、メモリに保存されたフィードバック噴射量を0クリアする。なお、ニューラルネットワーク40の学習は、このようにして得られた複数の運転状態に対する学習データに対して、コントローラ7内のCPUの空き時間に常に行うようにする。

【0032】次に、フィードバック噴射量演算部30の構成を説明する。トータル噴射量演算部30は、フィードバックによる噴射量とニューラルネットワーク40が出力している噴射量を加算して、トータル噴射量としてインジェクタ14を駆動する。

【0033】次に、定常・過渡判定部60の構成を詳細に説明する。定常・過渡判定部60は、所定のエンジン回転数領域においてスロットル開度の変化を検出し、一定時間変化幅が設定した範囲内であれば定常状態と判定し、それ以外は過渡状態と判定する。

【0034】次に、モデルベース制御部70の構成を詳細に説明する。図6はモデルベース制御部のブロック図、図7は空気系の順モデルを示すブロック図、図8は燃料系の順モデルを示すブロック図である。

【0035】モデルベース制御部70は、エンジン（含む吸気管）を空気系と燃料系に分けてモデル化し、空気系の順モデル71でシリンダに入る推定空気量を得、燃料系の順モデル72でシリンダに入る推定燃料量を得、

空燃比演算部73へ入力する。空燃比演算部73では推定空燃比を演算し、これを目標空燃比に近付けるようにフィードバックしてフィードバック演算部74でモデルによる噴射量を得る。ここで、空気量と噴射量とを入力すると、その結果として空燃比が出力されるモデルを順モデルとし、目標空燃比を入力されると、そのための噴射量が出力されるモデルを逆モデルとしている。

【0036】エンジン回転数とスロットル開度に基づき空気系の順モデル71によりシリンダに入る推定空気量を出力する。空気系の順モデル71は図7に示すように構成され、スロットル開度の入力を位相進み部710で位相を燃料系の無駄時間分だけ空気系の位相を進めて、空気量演算部711でシリンダに入る空気量を吸気負圧をフィードバックして演算する。このシリンダに入る空気量は、圧力への変換部712で圧力へ変換し、吸気負圧演算部713では、エンジン回転数と吸気負圧の体積率に基づき吸気負圧を得て、この吸気負圧を空気量演算部711へフィードバックするとともに、体積効率演算部714へ送る。エンジン回転数の入力を位相進み部715で同様に燃料系の無駄時間分だけ空気系の位相を進めて直接吸気負圧演算部713へ入力するとともに、体積効率演算部714へ入力し、体積効率演算部714では所定のエンジン回転数と吸気負圧とで体積効率を求めて吸気負圧演算部713へ送る。

【0037】また、噴射燃料とスロットル開度に基づき燃料系の順モデル72によりシリンダに入る推定燃料量を出力する。燃料系の順モデル72は図8に示すように構成され、噴射燃料とスロットル開度に基づき噴射燃料演算部720で、吸気通路への付着と、燃料噴射から燃料がシリンダに入るまでの遅れ時間を考慮してシリンダに入る燃料量を演算する。

【0038】このように、燃料系は1次遅れと無駄時間によりモデル化を行い、このモデルから無駄時間要素を取り除いたものを燃料系のモデルとする。同時に、燃料系の無駄時間分だけ空気系の位相を進めることで、両モデルの位相を合わせる。具体的には、空気系に入力されるエンジン回転数とスロットル開度の未来値を最小2乗法により推定することで位相進みを実現する。実際のエンジンは無駄時間や高次遅れがあるためフィードバック制御のゲインを大きくできないが、ここで作成したモデルに対してフィードバック制御を行う場合には、燃料系が単純な1次遅れ系であるためフィードバックゲインを大きくでき、エンジンの逆モデルを構成することが可能となる。空気系は外乱と見なせるため、空気系が定常と見なせるような制御周期とする。

【0039】第2の制御部K2の一部として、制御対象物の動的挙動に基づいた逆モデルを持ち、エンジン1が過渡状態にありフィードバック制御が行な得ない場合、もしくは理論空燃比制御のように目標空燃比に対する正確な空燃比制御が要求される場合は、エンジン1の動的

挙動に基づいた逆モデルを用いてエンジンが要求する燃料量となるための噴射量を求めて、この値により空燃比制御を行い、エンジンが要求する燃料量となるための噴射量を求めて、この値により空燃比制御を行うことができる。

【0040】また、コントローラ7は、図9に示すように構成することができる。この実施例では、第2の制御部K2のモデルベース制御部70に、モデルのパラメータの補正を行うモデル修正部100を備え、エンジン回転数とスロットル開度及び $O_2$ センサ信号に基づき、燃焼が常に理論空燃比で行われるように制御してもよい。

【0041】また、コントローラ7は、図10に示すように構成することができる。この実施例では、モデルベース制御部70の出力側に、トータル噴射量演算部101を備え、 $O_2$ センサ信号を教師データとしてニューラルネットワーク102でエンジン回転数とスロットル開度に基づきオンライン学習させ、モデルベース制御部70による出力と、ニューラルネットワーク102との出力とを加えてトータル噴射量演算部101でトータル噴射量を演算しその出力により制御手法切換部50を介してエンジン1の空燃比制御を行なうようにしてもよい。

【0042】次に、状態制御方式のフィードバック噴射時間とトータル噴射時間の演算について説明する。

【0043】図11はフィードバック噴射時間演算フローを示している。ステップa1でクランク角度1の場合には、ステップb1でクランク角度1での角速度( $v_1$ )の演算を行い終了する。ステップa1でクランク角度1でない場合には、ステップc1でクランク角度2か否かの判断を行い、クランク角度2でない場合には終了し、クランク角度2の場合にはステップd1においてクランク角度2での角速度( $v_2$ )の演算を行い、エンジン1が膨張行程にある2点における角速度を演算する。次に、ステップe1で角加速度( $acc$ )= $(v_2-v_1)/$ 所要時間を求め、ステップf1で角加速度の平均値( $acc\_ave$ )の計算を行う。

【0044】さらに、ステップg1で角加速度変動値( $f1$ )= $|acc-acc\_ave|$ を求めて、ステップh1で燃焼悪化指数( $pnt$ )= $pnt+f1$ を求める。ステップi1で燃焼悪化指数( $pnt$ )の回数が $N=100$ ?か否かの判断を行い、 $N=100$ でない場合には、ステップj1で $N=N+1$ としてステップc1へ移行して100回になるまで繰り返す。燃焼悪化指数( $pnt$ )の演算回数が100回になると、ステップk1で $N=1$ とし、ステップl1で燃焼悪化指数( $pnt$ )が $pnt>$ 許容値( $lim$ )か否かを判断する。

【0045】そして、燃焼悪化指数( $pnt$ )が許容値( $lim$ )を越えない場合には、ステップm1でフィードバック噴射時間( $t\_fb$ )= $t\_fb-\Delta t$ として短くして噴射量を少なくし、燃焼悪化指数( $pnt$ )が許容値( $lim$ )を越える場合には、ステップn1でフ

ィードバック噴射時間( $t\_fb$ )= $t\_fb+\Delta t$ として長くして噴射量を多くし、ステップo1で燃焼悪化指数を $pnt=0$ にして終了する。

【0046】図12はトータル噴射時間演算フローを示している。ステップa2で定常状態の場合には、ステップb2でニューラルネットワーク40による噴射時間( $t\_nn$ )の演算を行い、そしてステップc2でトータル噴射時間( $t\_ttl$ )= $t\_nn+t\_fb$ としてトータル噴射時間を算出して終了する。

【0047】ステップa2で定常状態でない場合には、ステップd2で前回は定常状態か否かを判断し、定常状態の場合にはステップe2で前回の運転状態に対してトータル噴射時間 $t\_ttl$ をニューラルネットワーク40の教師データにセットし、ステップf2でトータル噴射時間を $t\_fb=0$ とする。

【0048】ステップd2で前回は定常状態でない場合には、ステップg2で逆モデルによる噴射時間( $t\_md$ )の演算を行い、ステップh2でトータル噴射時間( $t\_ttl$ )= $t\_md$ にして終了する。

【0049】

【発明の効果】前記したように、請求項1記載の発明では、制御対象物の状態指数が予め設定された許容量となるような制御を行ない、この第1の制御部の操作量に学習機能を有する第2の制御部の操作量を加えた値を最終的操作量として制御を行なうから、常に状態を学習して制御可能であり、しかも制御応答性が向上する状態制御が可能である。

【0050】請求項2記載の発明では、フィードバック制御により状態指数が予め設定された許容量となるように簡単かつ確実な制御を行うことができる。

【0051】請求項3記載の発明では、ニューラルネットワークによる学習を行い、常に適切な状態制御を行うことができる。

【0052】請求項4記載の発明では、過渡状態等には、逆モデルを用いて適切な状態制御を行うことができ、例えば吸気管への燃料付着による応答遅れを補償できるため、システム構成の自由度が向上する。

【0053】請求項5記載の発明では、制御対象物がエンジンであり、エンジンの運転状態の制御を行うことができる。

【0054】請求項6記載の発明では、リニア空燃比センサを用いることなく、クランク軸の回転変動情報からエンジンが要求する任意の空燃比に制御でき、さらにフィードバック制御を用いて空燃比をリニア化しようとした場合においても運転性能を損なうことなく制御し、エンジンの燃焼状態を検出しながら空燃比を制御できるため、環境変化や経時変化に影響されず常にエンジンが要求する空燃比に制御できる一方、空燃比を目標値に正確に制御する必要のある場合には制御手法を切り換えることで対応できる。また、排ガスセンサを使用しない空燃



11

比制御が可能のため、コスト的に有利であるばかりでなく、センサの劣化や設置場所を気にする必要がない。

【0055】請求項7記載の発明では、エンジンが過渡状態にありフィードバック制御が行な得ない場合、もしくは理論空燃比制御のように目標空燃比に対する正確な空燃比制御が要求される場合は、エンジンが要求する燃料量となるための噴射量を求めて、この値により空燃比制御を行い、過渡時等の空燃比制御の応答性が向上するため、過渡時等の運転性能の悪化を気にすることなく、定常時の空燃比をリーン化できる。

【0056】請求項8記載の発明では、インジェクタを吸気通路に配置しても所定のタイミングでシリンダへ燃料を供給することができ、例えば、インジェクタをスロットルの上流に設置することで燃料が熱の影響により粘度が下がることが防止され、燃料の噴射が円滑になり、またスロットルを通過する時に流速が速くなり燃料の霧化を向上させることができ、あるいは吸気管集合部にインジェクタを配置するSPIとすることでインジェクタの数を削減することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】車両や船舶に搭載されるエンジンのシステム図である。

【図2】コントローラによる制御ブロック図である。

【図3】回転変動検出部のブロック図である。

【図4】フィードバック噴射量演算部のブロック図である。

10

\*【図5】ニューラルネットワークの構成図である。

【図6】モデルベース制御部のブロック図である。

【図7】空気系の順モデルを示すブロック図である。

【図8】燃料系の順モデルを示すブロック図である。

【図9】他のコントローラによる制御ブロック図である。

【図10】さらに、他のコントローラによる制御ブロック図である。

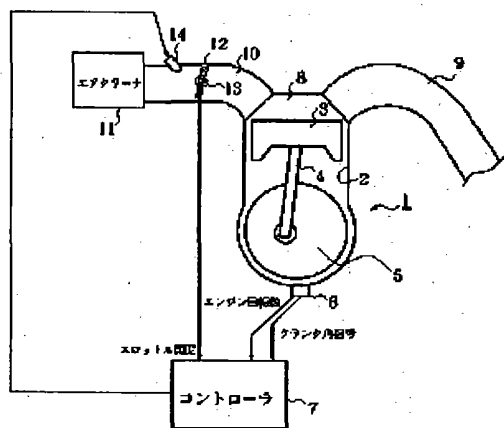
【図11】フィードバック噴射時間演算フローを示している。

【図12】トータル噴射時間演算フローを示している。

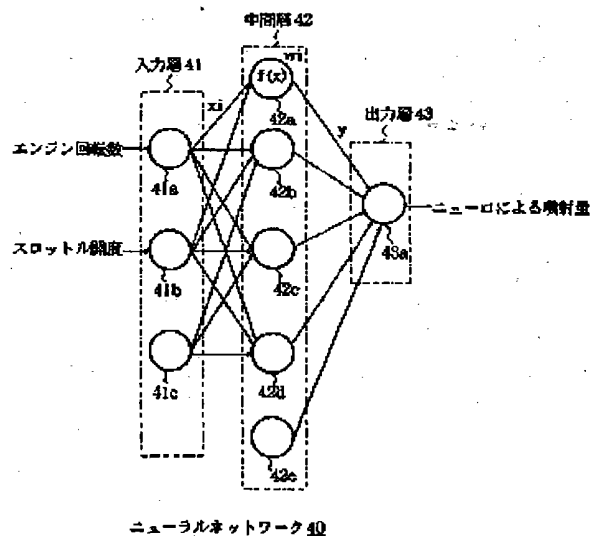
【符号の説明】

- 1 エンジン
- 7 コントローラ
- 6 クランク角センサ
- 13 スロットル開度センサ
- 14 インジェクタ
- 20 回転変動部
- 30 フィードバック噴射量演算部
- 40 ニューラルネットワーク
- 50 制御手法切換部
- 60 定常・過渡判定部
- 70 モデルベース制御部
- 80 トータル噴射量演算部
- K1 第1の制御部
- K2 第2の制御部

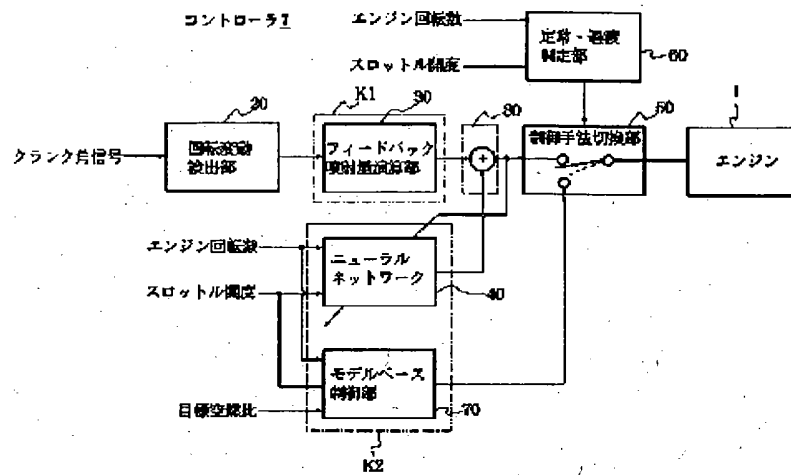
【図1】



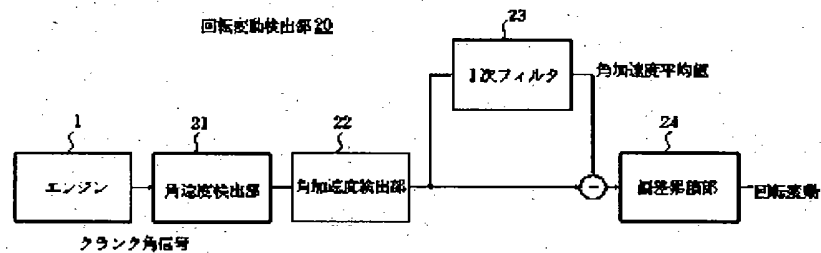
【図5】



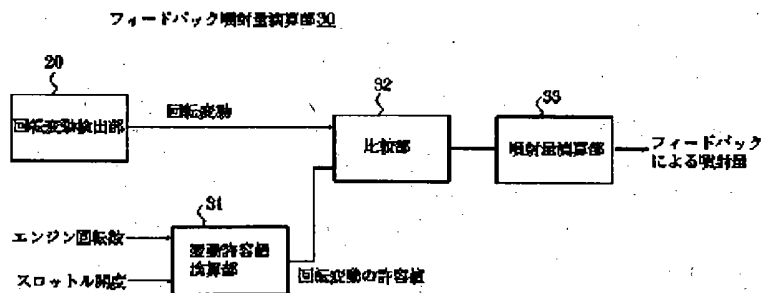
【圖 2】



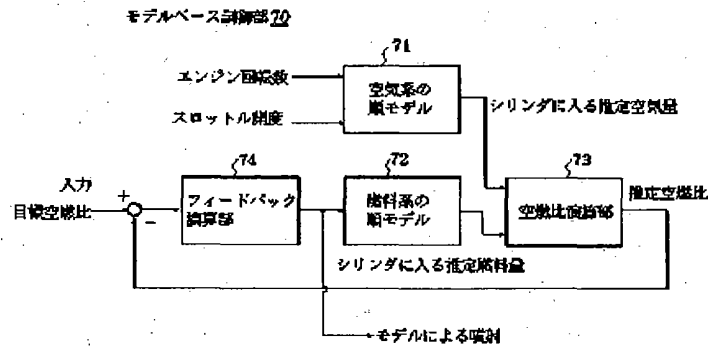
【図3】



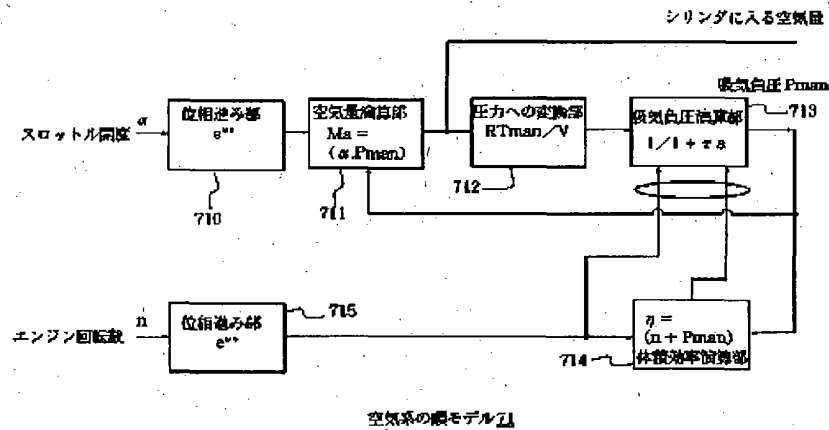
【図4】



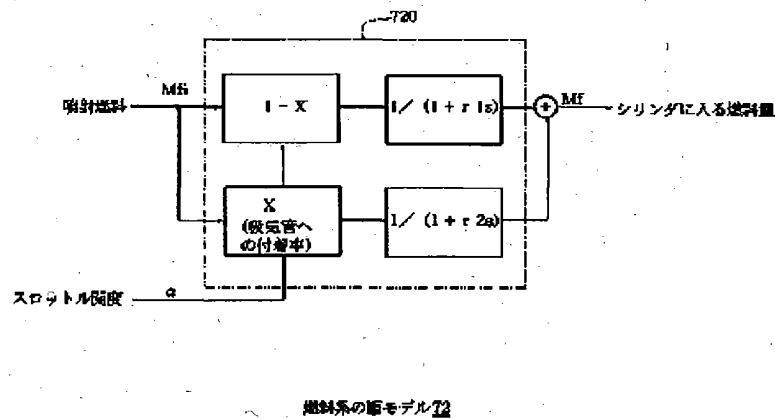
【図6】



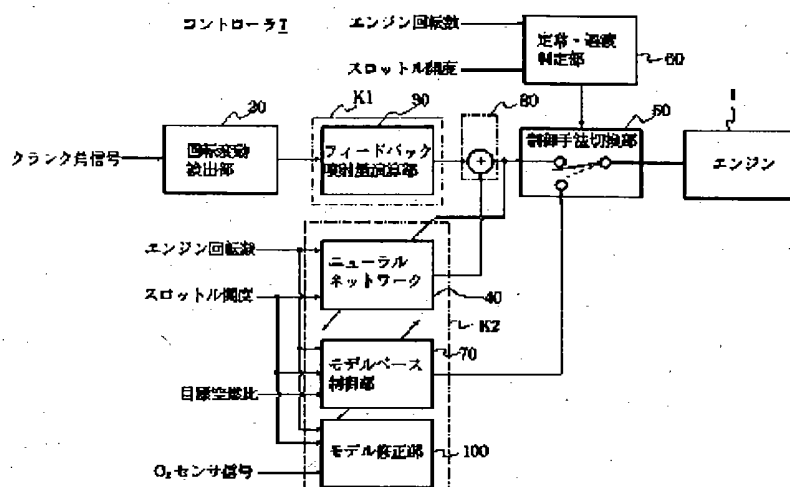
【図7】



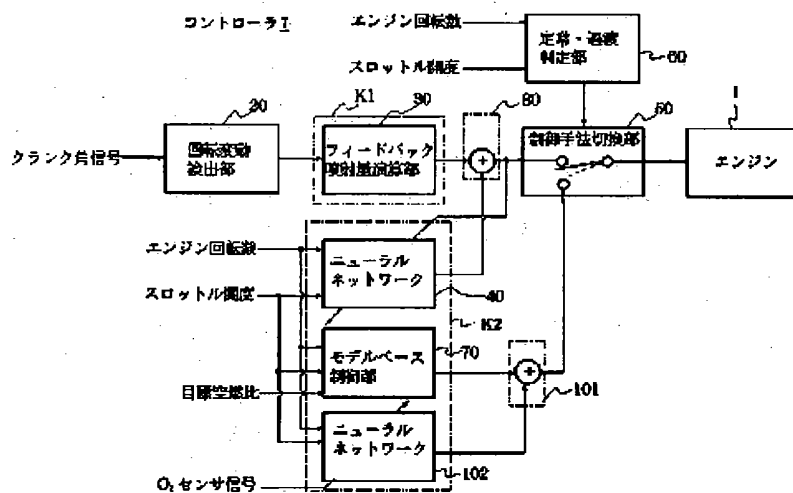
【図8】



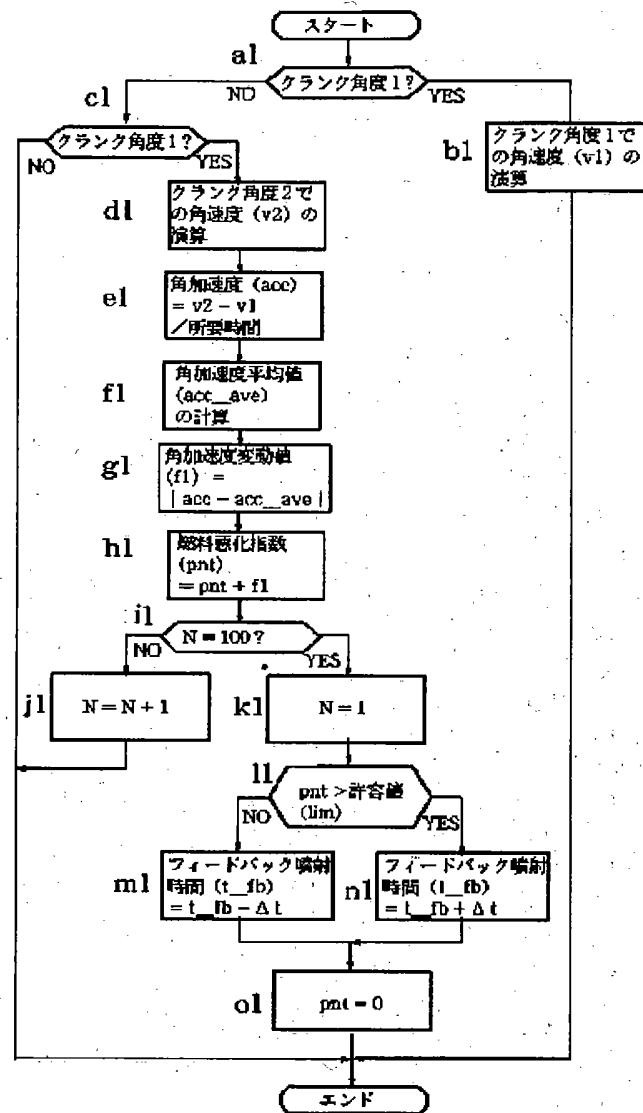
【图 9】



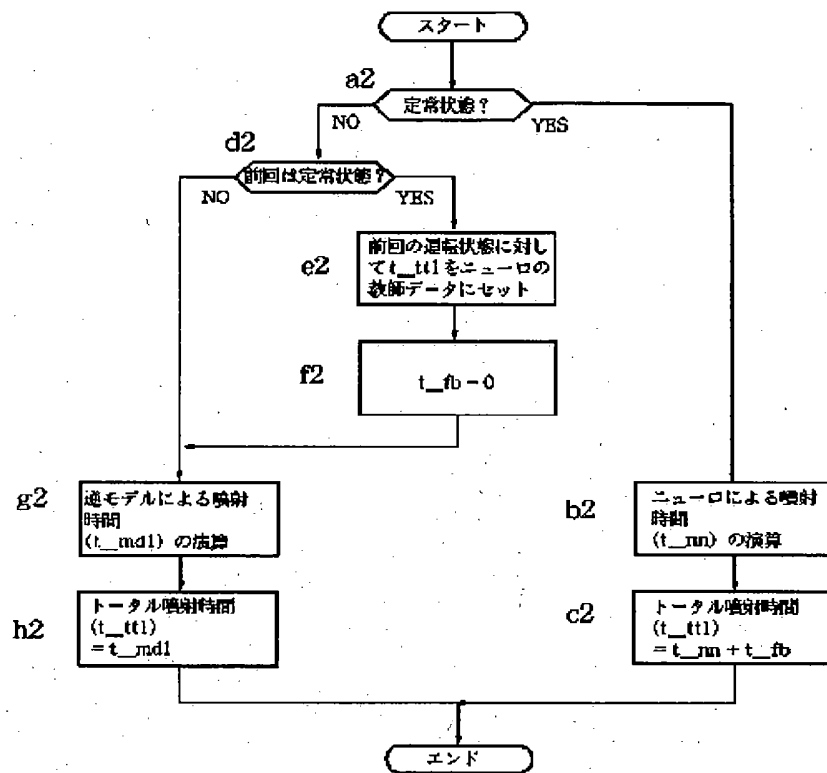
【圖 10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F 02 D 45/00

識別記号

3 2 4

庁内整理番号

3 4 0

F I

F 02 D 45/00

技術表示箇所

3 2 4

3 4 0 C

G 05 B 13/04

G 05 B 13/04